

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-120638

(43)Date of publication of application : 12.05.1995

(51)Int.Cl.

G02B 6/255

G02B 6/40

G02B 6/42

(21)Application number : 05-264585

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO  
LTD

(22)Date of filing : 22.10.1993

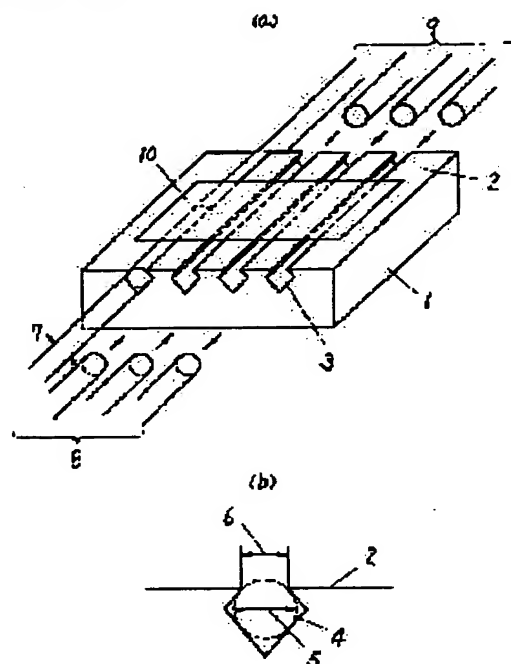
(72)Inventor : HORI YOSHIKAZU

## (54) OPTICAL CONNECTING ELEMENT AND ITS MANUFACTURE

### (57)Abstract:

PURPOSE: To provide an optical connecting element easy to manufacture.

CONSTITUTION: A guide groove 3 whose sectional form is a pentagon having the opening part of a base surface as one side is formed in array inside the surface 2 of a silicon base 1. The diameter of a circle (inscribed circuit) 4 inscribed to the section of the guide groove, or the bore diameter 5 is set larger than the length 6 of the opening part of the base surface 2. Optical fiber arrays 8, 9 having an outer diameter 7 almost equal to the bore diameter 5 are inserted in a pair from both ends of the guide groove 3 of this optical connecting element, and mutually connected at one position in the guide groove. After the optical fibers are inserted, the part where the fibers are exposed on the base surface, is partially covered with an ultraviolet ray hardening resin 10, and ultraviolet ray is radiated thereto to fix the fibers.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-120638

(43) 公開日 平成7年(1995)5月12日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B	6/255			
	6/40	7139-2K		
	6/42	9317-2K		
		7139-2K		
			G 0 2 B 6/ 24	3 0 1
審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 12 頁)				

(21) 出願番号 特願平5-264585

(22) 出願日 平成5年(1993)10月22日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 堀 義和

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

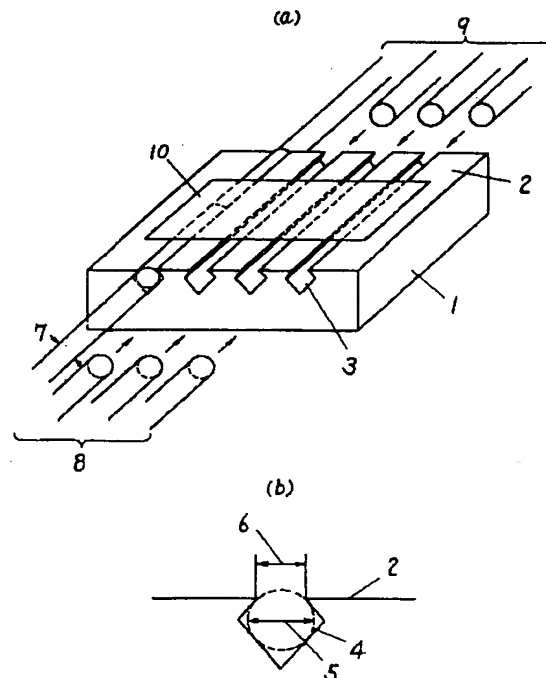
(74) 代理人 弁理士 小鍛冶 明 (外2名)

(54) 【発明の名称】 光接続素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 製造の容易な光接続素子を提供する。

【構成】 シリコン基板1の(100)表面2の内部に<011>方向に、その断面形状が基板表面の開口部を一边とする五角形のガイド溝3がアレイ状に形成されている。ここで、ガイド溝の断面に内接する円(内接円)4の直径、即ち内径5は前記の基板表面2の開口部の長さ6よりも大きい。この光接続素子のガイド溝3の両端からその内径5とほぼ等しい外径7を有する光ファイバアレイ8及び9が対をなしてガイド溝3の両端から挿入され、ガイド溝内の一箇所では結合される。光ファイバの挿入後、基板表面のファイバが露出する部分の一部に紫外線硬化樹脂10を被覆し、紫外線を照射することによりファイバが固定されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】基板の表面近傍の内部に該基板表面に沿って一定の方向に開口部を有して形成され、かつ前記開口部に比較して断面に仮想的に内接する円（内接円）の直径（内径）が大なるガイド溝に、前記内径とほぼ同じもしくは小さな外径を有する光ファイバが挿入されて構成されていることを特徴とする光接続素子。

【請求項2】断面の内接円の直径が異なる少なくとも2種類の前記ガイド溝が、少なくとも接続部において内接円の中心を結ぶ直線が互いに一致するように直線状に配置され、かつ前記の各ガイド溝に外径の異なる少なくとも2種類の光ファイバが挿入され、前記各光ファイバを伝搬する光が互いに結合していることを特徴とする請求項1に記載の光接続素子。

【請求項3】表面に段差を有する基板の高部側の表面近傍に前記ガイド溝が形成され、かつ低部側の表面に前記ガイド溝の延長線上もしくは延長線と平行に一定の間隔を有して位置調整溝が形成され、しかも低部側の表面に発光素子が設置され、かつ前記位置調整溝の上部の前記ガイド溝の内接円の中心を結ぶ直線上に発光素子の活性部が配置されており、該発光素子から放出される光が、前記ガイド溝に挿入された光ファイバに結合されることを特徴とする請求項1に記載の光接続素子。

【請求項4】表面に段差を有する基板の高部側の表面近傍に前記ガイド溝が形成され、かつ低部側の表面に前記ガイド溝の延長線上もしくは延長線と平行に一定の間隔を有して位置調整溝が形成され、しかも低部側の表面に受光素子が設置され、かつ前記位置調整溝の上部の前記ガイド溝の内接円の中心を結ぶ直線上に受光素子の活性部が配置されており、前記ガイド溝に挿入された光ファイバから放出される光が前記受光素子に結合されることを特徴とする請求項1に記載の光接続素子。

【請求項5】表面に段差を有する基板の高部側の表面近傍に前記ガイド溝が形成され、かつ低部側の表面に前記ガイド溝の延長線上もしくは延長線と平行に一定の間隔を有して位置調整溝が形成され、しかも低部側の表面に光導波路素子が設置され、かつ前記位置調整溝の上部の前記ガイド溝の内接円の中心を結ぶ直線上に導波路の端面もしくは光結合部が配置されており、前記ガイド溝に挿入された光ファイバから放出される光と前記導波路を伝搬する光が互いに結合されることを特徴とする請求項1に記載の光接続素子。

【請求項6】基板表面近傍に前記ガイド溝、及び光導波路が少なくとも接続部において直線状に形成され、かつ前記ガイド溝の内接円の中心を結ぶ直線上に光導波路の端面一部が配置され、前記ガイド溝に挿入された光ファイバと前記光導波路を伝搬する光が互いに結合されることを特徴とする請求項1に記載の光接続素子。

【請求項7】基板表面に前記ガイド溝及びレンズを支持するための溝が形成され、前記ガイド溝の内接円の中心

を結ぶ直線の延長線上に前記レンズ支持溝に固定されたレンズの中心が配置されていることを特徴とする請求項1に記載の光接続素子。

【請求項8】前記ガイド溝が、シリコン基板の（100）面上の<011>方向に形成されていることを特徴とする請求項1に記載の光接続素子。

【請求項9】シリコン基板の（100）面上の<001>方向に形成される一定幅を有する短冊状領域を囲んで保護膜を設置し、該保護膜の周辺境界部に表面にほぼ垂直に段差が形成されるように前記短冊状領域に一定の深さのエッチングを施し、短冊状の開口部を有する溝を形成する第1の工程、前記保護膜を設置したまま前記溝の底面及び側面に異方性エッチングを施し、少なくとも前記開口部に隣接する溝の側面が（111）面となり、溝の断面が開口部を一辺とする四角形以上の多角形もしくはこれに近い形状で、前記開口部に比較して断面に仮想的に内接する円（内接円）の直径（内径）が大なるガイド溝を形成する第2の工程、前記ガイド溝の内部に光ファイバを挿入し固定する第3の工程を含むことを特徴とする光接続素子の製造方法。

【請求項10】シリコン基板の（100）面上の<001>方向に、一直線状に形成された異なる幅を有する複数の短冊状領域を囲んで保護膜を設置し、該保護膜の周辺境界部に表面に垂直に段差が形成されるように前記短冊状領域に一定の深さのエッチングを施し、異なる幅の開口部を有する複数の溝を形成する第1の工程、前記保護膜を設置したまま溝の底面及び側面に異方性エッチングを施し、内径の異なる複数のガイド溝を形成する第2の工程、ガイド溝の内部に外径の異なる光ファイバを挿入し固定する第3の工程を含むことを特徴とする請求項9記載の光接続素子の製造方法。

【請求項11】シリコン基板の（100）面上の<001>方向に形成される一定幅を有する短冊状領域を囲んで保護膜を設置し、該保護膜の周辺境界部に表面にほぼ垂直に段差が形成されるように前記短冊状領域に一定の深さのエッチングを施し、短冊状の開口部を有する溝を形成する第1の工程、前記保護膜を設置したまま前記溝の底面及び側面に異方性エッチングを施し、少なくとも前記開口部に隣接する溝の側面が（111）面となり、溝の断面が開口部を一辺とする四角形以上の多角形もしくはこれに近い形状で、前記開口部に比較して断面に仮想的に内接する円（内接円）の直径（内径）が大なるガイド溝を形成する第2の工程、前記保護膜を除去した後、前記ガイド溝の一部に保護膜を設置して、再度エッチングを施すことにより基板表面の保護膜の境界部に段差を形成するとともに、保護膜の設置されていないガイド溝を位置調整溝に加工する第3の工程、位置調整溝の上部でかつガイド溝の内接円の中心を結ぶ直線上に活性部が位置するように発光素子を配置する第4の工程、前記ガイド溝に光ファイバを挿入し固定する第5の工程を

含むことを特徴とする光接続素子の製造方法。

【請求項12】シリコン基板の(100)面上の<001>方向に形成される一定幅を有する短冊状領域を囲んで保護膜を設置し、該保護膜の周辺境界部に表面にほぼ垂直に段差が形成されるように前記短冊状領域に一定の深さのエッチングを施し、短冊状の開口部を有する溝を形成する第1の工程、前記保護膜を設置したまま前記溝の底面及び側面に異方性エッチングを施し、少なくとも前記開口部に隣接する溝の側面が(111)面となり、溝の断面が開口部を一边とする四角形以上の多角形もしくはこれに近い形状で、前記開口部に比較して断面に仮想的に内接する円(内接円)の直径(内径)が大なるガイド溝を形成する第2の工程、前記保護膜を除去した後、前記ガイド溝の一部に保護膜を設置して、再度エッチングを施すことにより基板表面の保護膜の境界部に段差を形成するとともに、保護膜の設置されていないガイド溝を位置調整溝に加工する第3の工程、位置調整溝の上部でかつガイド溝の内接円の中心を結ぶ直線上に活性部が位置するように受光素子を配置する第4の工程、前記ガイド溝に光ファイバを挿入し固定する第5の工程を含むことを特徴とする光接続素子の製造方法。

【請求項13】シリコン基板の(100)面上の<001>方向に形成される一定幅を有する短冊状領域を囲んで保護膜を設置し、該保護膜の周辺境界部に表面にほぼ垂直に段差が形成されるように前記短冊状領域に一定の深さのエッチングを施し、短冊状の開口部を有する溝を形成する第1の工程、前記保護膜を設置したまま前記溝の底面及び側面に異方性エッチングを施し、少なくとも前記開口部に隣接する溝の側面が(111)面となり、溝の断面が開口部を一边とする四角形以上の多角形もしくはこれに近い形状で、前記開口部に比較して断面に仮想的に内接する円(内接円)の直径(内径)が大なるガイド溝を形成する第2の工程、前記保護膜を除去した後、前記ガイド溝の一部に保護膜を設置して、再度エッチングを施すことにより基板表面の保護膜の境界部に段差を形成するとともに、保護膜の設置されていないガイド溝を位置調整溝に加工する第3の工程、位置調整溝の上部でかつガイド溝の内接円の中心を結ぶ直線上に端面もしくは光結合部が位置するように光導波路素子を配置する第4の工程、前記ガイド溝に光ファイバを挿入し固定する第5の工程を含むことを特徴とする光接続素子の製造方法。

【請求項14】シリコン基板の(100)面上の<001>方向に形成される一定幅を有する直線状の短冊状領域と前記直線の一部を含んで配置された導波路領域を残して保護膜を設置し、該保護膜の周辺境界部に表面に垂直な段差が形成されるように前記短冊状領域と導波路領域にエッチングを施し、一定の深さの溝を形成する第1の工程、前記導波路領域を保護膜で被覆し、前記保護膜を介して前記短冊状領域に形成された溝の底面及び側面

に異方性エッチングを施し、ガイド溝を形成する第2の工程、前記の保護膜を除去した後少なくともガイド溝に保護膜を形成し、少なくとも導波路領域の溝にクラッドとなる第1の層、コアとなる第2の層を含む光導波路構造を形成する第3の工程、前記ガイド溝に光ファイバを挿入し固定する第4の工程を含むことを特徴とする光接続素子の製造方法。

【請求項15】シリコン基板の(100)面上の<001>方向に形成される一定幅を有する直線状の短冊状領域及びレンズを支持する領域を囲んで保護膜を形成し、該保護膜の周辺境界部に表面に垂直な段差が形成されるように前記短冊状領域及びレンズ支持領域にエッチングを施し、一定の深さの溝を形成する第1の工程、前記保護膜を設置したまま前記溝の底面及び側面に異方性エッチングを施し、ガイド溝及びレンズ支持溝を形成する第2の工程、前記レンズ支持溝にレンズを挿入する第3の工程、前記ガイド溝に光ファイバを挿入し固定する第4の工程を含むことを特徴とする光接続素子の製造方法。

【請求項16】シリコン基板の(100)面上の<001>方向に形成される一定幅を有する直線状の短冊状領域を囲んで保護膜を形成し、該保護膜の周辺境界部に表面に垂直な段差が形成されるように前記短冊状領域にエッチングを施し、一定の深さの溝を形成する第1の工程、前記保護膜を設置したまま前記溝の底面及び側面に異方性エッチングを施し、ガイド溝を形成する第2の工程、ガイド溝の一部にそのガイド溝を中央として一定の幅を有して形成されるレンズ領域を囲んで保護膜を形成し、エッチングを施す第3の工程、前記レンズ部にレンズを挿入する第4の工程、前記ガイド溝に光ファイバを挿入し固定する第5の工程を含むことを特徴とする光接続素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光ファイバを用いて情報を伝達する光伝送分野に係わり、特に半導体レーザ、受光素子、光導波路等の光素子と光ファイバを接続する光接続素子およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、単一モード光ファイバによる光接続は、電気同軸ケーブルより長距離・高速伝送(>100m, >150Mb/s)が可能であるため、長距離光通信は勿論、大型計算機や広帯域交換機の装置間接続への応用に向けての研究開発が進んでいる。低価格の光接続素子の実用化のためには、特に、光ファイバアレイ同士、LDアレイと光ファイバアレイ、PDアレイと光ファイバアレイ、及び光導波路と光ファイバアレイ等を高精度に位置合わせ、固定する光結合技術が不可欠である。

【0003】従来の光ファイバアレイ接続素子の概略を

10

20

30

40

50

図14に示す。シリコン基板201上にKOH水溶液を用いた異方性エッチングによりアレイ状のV溝ガイド202が形成され、そのV溝ガイドの中に対をなす単一モードファイバアレイ203及び204が配置され、更にその上からシリコン抑え板205によりファイバアレイが固定される。尚、V溝ガイドの形成されたシリコン基板201とシリコン抑え板205は半田で固定されている。

【0004】ところが、この接続方法では全ての光ファイバがV溝202に設置されるまで、全ての光ファイバをそれぞれ片側から精密機器を用いてV溝に接して保持しておく必要があった。また、光ファイバが曲がり易いために保持位置のファイバ端面からの距離に限度があり接続素子の接続部を長くすることができず、強度的にも不十分であった。更に接続時あるいは接続状態においてシリコン基板とシリコン抑え板によりファイバに圧力が加わるために、光ファイバが内部で破損したり、偏光依存性や結合損失等が発生する原因ともなっていた。

【0005】次に、従来のLDアレイと光ファイバアレイの光接続素子の概略を図15に示す。LDアレイ211と光ファイバアレイ212がそれぞれのブロック212及び214上に設置され、両ブロックがマウント215に位置合わせして半田で216で固定されている。ここで光ファイバアレイの概略構成は図14に示した光ファイバアレイ接続素子と同様の構造であり、シリコン基板217に異方性エッチングにより形成されたV溝ガイドに単一モードファイバアレイ218が配置され、更にその上からシリコン抑え板219によりファイバアレイが固定される。

【0006】LDアレイと光ファイバアレイの光結合には、片方のアレイ、例えばLDアレイ211の設置されたブロック213を固定した後、マイクロポジシナを用いて、LDを発光させファイバに結合する光量を測定しながら、3つの直交軸と3つの回転軸を交互に調整し、マウントに固定させていた。

【0007】この従来の接続素子においては、ファイバを精度よく配列する技術、アレイ同士を効率的に位置合わせする技術、半田付の時の位置ずれをまで低減する技術が必要となり、精度良く結合することは困難であった。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は以上のような従来の光接続素子の問題点を解決し、特に機械的な位置合わせの必要がなく、容易に高い結合効率を得ることの可能な光接続素子とその製造方法を提供することを目的とするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、基板の表面近傍の内部に該基板表面に沿って一定の方向に開口部を有して形成され、かつ前記開口部に比較して断面に仮想的

に内接する円（内接円）の直径（内径）が大なるガイド溝に、前記内径とほぼ同じもしくは小さな外径を有する光ファイバが挿入されて構成されていることを特徴とする光接続素子である。

【0010】また、本発明は、シリコン基板の（10）面上の<001>方向に形成される一定幅を有する短冊状領域を囲んで保護膜を設置し、該保護膜の周辺境界部に表面にほぼ垂直に段差が形成されるように前記短冊状領域に一定の深さのエッチングを施し、短冊状の開口部を有する溝を形成する第1の工程、前記保護膜を設置したまま前記溝の底面及び側面に異方性エッチングを施し、少なくとも前記開口部に隣接する溝の側面が（111）面となり、溝の断面が開口部を一边とする四角形以上の多角形もしくはこれに近い形状で、前記開口部に比較して断面に仮想的に内接する円（内接円）の直径（内径）が大なるガイド溝を形成する第2の工程、前記ガイド溝の内部に光ファイバを挿入し固定する第3の工程を含むことを特徴とする光接続素子の製造方法である。

【0011】

【作用】本発明は、シリコン等の結晶基板の特定の結晶面でなる表面に特定の方向に形成され、表面に垂直な段差を有する溝の側面と底面に異方性エッチングを施すことにより、表面に沿って内部に溝の開口部に比較して断面に仮想的に内接する円の直径が大なるガイド溝が精度よく形成されること、このガイド溝の内接円の中心位置が溝の幅と深さに制御できることを応用し、このガイド溝に光ファイバを挿入することにより高効率な結合が得られることを利用するものである。

【0012】

【実施例】

（実施例1）本発明の詳細を実施例を用いて説明する。本発明の第1の実施例の光接続素子の概略構成を図1（a）に示す。また、ガイド溝の断面形状を図1（b）に示す。

【0013】シリコン基板1の（100）表面2の内部に<011>方向に、その断面形状が基板表面の開口部を一边とする五角形のガイド溝3がアレイ状に形成されている。ここで、ガイド溝の断面に内接する円（内接円）4の直径、即ち内径5は前記の基板表面2の開口部の長さ6よりも大きい。この光接続素子のガイド溝3の両端からその内径5とほぼ等しい外径7を有する光ファイバアレイ8及び9が対をなしてガイド溝2の両端から挿入され、ガイド溝内の一箇所て結合される。光ファイバの挿入後、基板表面のファイバが露出する部分の一部に紫外線硬化樹脂10を被覆し、紫外線を照射することによりファイバが固定されている。

【0014】本発明の第1の実施例の光接続素子の製造方法を図2に示す。左が断面図、右が表面図を示す。

（a）シリコン基板11の（100）面上の<001>方向に、一定幅（80μm）を有する短冊上領域を残し

てSiNの保護膜12を形成する。(b)次に、保護膜の周辺境界部に表面に段差13が形成されるように前記短冊状領域に一定の深さ(80 $\mu$ m)のドライエッチングを施し、開口部を有する溝を形成する。(c)保護膜12を設置したままKOH水溶液で溝の底面14及び側面15に異方性エッチングを施し、溝の周辺が(111)面で構成されてその断面形状が開口部の幅を一辺とし、内径が約100 $\mu$ mの五角形のガイド溝16が形成される。(d)前記ガイド溝の両端から内部に外径が約100 $\mu$ mの光ファイバ17、及び18を挿入することにより、光ファイバ接続素子が形成される。

【0015】本発明によれば、異方性エッチング時に溝の側面及び底面に(111)面が現れた時にエッチング速度が急に減少するため、極めて安定な断面形状を形成することが可能であり、またその形状の寸法はエッチング前の溝の幅と深さでほぼ決定される。従って設計が容易であり、断面の内径は短冊状領域の幅と段差により決定され、そして内接円の中心は必ず前記段差の半分の深さに位置する。ガイド溝の内径は表面部のガイド幅よりも大きく、ファイバが外れる心配はなく、従って接続時に一本ずつ光ファイバを挿入するだけで接続が可能であり、特に精密機械で保持しておく必要はなく容易に光ファイバを接続することができる。また、紫外線硬化樹脂等で表面から容易に固定することが可能である。更に、光ファイバを従来例の様に抑えることにより固定する必要がなく、光ファイバに圧力が加わらず、結合損失が増加することはない。

【0016】(実施例2)以上の実施例は同一の径を有するファイバ同士の接続素子及びその製造方法を示したが、本発明においては、光増幅用ファイバと伝送用ファイバの接続等、異なる径を有するファイバの接続も容易となる。第2の実施例として異なる径のファイバ同士の光接続素子の概略構成図を図3(a)に示す。

【0017】シリコン基板21の(100)表面28の<011>方向に、実施例1と同様にその断面形状が基板表面の開口部を一辺とする五角形で、しかも内径が異なるガイド溝22及び23が直線状に配置されている。ガイド溝22及び23の断面形状をそれぞれ図3(b)及び(c)に示す。それぞれのガイド溝の内接円24、25の中心26、27の基板表面28からの深さは同一であり、従って内接円の中心を結ぶ直線は互いに一致している。従ってこの光接続素子のガイド溝の両端からその内径29、30とほぼ等しい外径を有する光ファイバアレイ31及び32を挿入することにより、ガイド溝の接続部で異なる外径を有する光ファイバ同士が自動的に結合される。光ファイバの挿入後、基板表面のファイバの一部が露出する部分に紫外線硬化樹脂33で被覆され、紫外線を照射することにより光ファイバが固定されている。

【0018】本発明の第2の実施例の光接続素子の製造

方法を図4に示す。左が内径の小さなガイド溝の断面図、中央が内径の大きなガイド溝の断面図、右が表面図を示す。(a)シリコン基板41の(100)面上の<001>方向に、幅が異なって直線状に接続された第1の短冊状領域(幅60 $\mu$ m)42及び第2の短冊状領域(幅80 $\mu$ m)43を囲んで保護膜44を形成する。

(b)次に、ドライエッチングにより保護膜の周辺境界部に表面に段差45が形成されるように前記短冊状領域に一定の深さ(80 $\mu$ m)の溝を掘る。(c)保護膜44を設置したまま前記溝の底面46、47及び側面48、49にKOH水溶液を用いて異方性エッチングを施すことにより、側面が(111)面で構成されてその断面形状が基板表面の前記短冊領域の幅を一辺とし、内径がそれぞれ約80 $\mu$ mと100 $\mu$ mの五角形のガイド溝50及び51が形成される。(d)前記ガイド溝の内部に両端から外径がそれぞれ約80 $\mu$ mと100 $\mu$ mの光ファイバ52及び53をガイド溝に挿入することにより、光接続素子が形成される。

【0019】本実施例においては、実施例1と同様にガイド溝の断面形状、その内接円の内径及び中心位置が短冊状領域の幅と段差により制御が可能である。即ち、この光ファイバ接続素子において、ガイド溝に内接する円の中心の表面からの深さは(b)の工程のドライエッチングにより形成された溝の深さ45の半分の位置に設定されるので、それぞれのガイド溝の内接円の中心は自動的に一致する。従って、光ファイバを挿入するだけで容易に低い結合損失の接続を得ることが可能である。

【0020】(実施例3)本発明の第3の実施例の半導体レーザと光ファイバの光接続素子の概略を図5に示す。高部表面61と低部表面62を有するシリコン基板60の(100)面でなる高部表面側61に前記実施例と同様に<011>方向に断面形状が五角形のガイド溝63が形成されている。また低部表面62にはガイド溝63の延長線上に位置調整溝64が形成されている。そして、低部表面に半導体レーザ65が設置され、しかも位置調整溝64の上部にガイド溝63の内接円の中心を結ぶ線68の延長線上に半導体レーザ65の活性部66が配置されている。そして、半導体レーザの活性層から放出される光がガイド溝に挿入された光ファイバ67に結合している。

【0021】本発明の第3の実施例のLDと光ファイバの光接続素子の製造工程を図6に示す。左が内径の位置調整溝部の断面図、中央がガイド溝部の断面図、右が表面図を示す。(a)シリコン基板71の(100)面上の<001>方向に、一定幅(80 $\mu$ m)を有する直線状の短冊上領域を囲んでSiNの保護膜72を設置する。(b)保護膜72の周辺境界部に表面に段差73が形成されるように前記短冊状領域にドライエッチングを施し一定の深さ(80 $\mu$ m)の溝を形成する。(c)保護膜72を設置したまま溝の底面及び側面に異方性エッ

チングを施し、周辺が(111)面で形成されたガイド溝74を形成する。(d)保護膜72を除去した後、前記ガイド溝の一部にレジスト膜75を被覆して再度異方性エッチングを施すことにより段差を形成し、(100)面の低部表面76を形成する。この時、ガイド溝の表面近傍が除去されV字状の位置調整溝77が形成される。(e)位置調整溝77の上部の前記後部表面のガイド溝74の内接円の中心を結ぶ線の上にその活性部70が位置するように半導体レーザ78を配置する。そして、ガイド溝74に光ファイバ79を挿入する。

【0022】上記の実施例では、従来の様に半導体レーザを点灯させて光ファイバに結合する光量を測定しながら半導体レーザの位置を調整する必要がなく、シリコン基板に形成する段差の高さをあらかじめ半導体レーザの活性層の表面からの位置に調節しておき、レーザの活性層の上部に形成したマーカ等と位置調整溝77の位置を合わせることで、光ファイバと容易に接続することが可能である。本実施例では単一の光ファイバと半導体レーザの接続を示しているが、光ファイバアレイと半導体レーザアレイの接続に同様に適用できるものである。

【0023】(実施例4)本発明の第4の実施例の受光素子と光ファイバの光接続素子の概略を図7に示す。高部表面81と低部表面82を有するシリコン基板80の(100)面となる高部表面側81に前記実施例と同様に<011>方向に断面形状が五角形のガイド溝83が形成されている。また低部表面82にはガイド溝83の延長線上に位置調整溝84が形成されている。そして、低部表面に受光素子85が設置され、しかも位置調整溝84の上部にガイド溝83の内接円の中心を結ぶ線88の延長線上に受光素子85の活性部86が配置されている。そしてガイド溝83にその端面から挿入された光ファイバ87から放射された光が受光素子85の活性部86に結合されている。

【0024】本発明の第4の実施例の受光素子と光ファイバの光接続素子の製造工程は図6と全く同様である。

【0025】上記の発明では、シリコン基板に形成する段差の高さを受光素子の活性層の表面からの位置に調節しておき、また受光素子の活性層の上部に形成されたマーカ等と位置調整溝を合わせることで光ファイバと容易に接続することが可能である。本実施例では単一の光ファイバと受光素子の接続を示しているが、光ファイバアレイと受光素子アレイの接続に同様に適用できるものである。

【0026】(実施例5)本発明の第5の実施例の光導波路と光ファイバの光接続素子の概略を図8に示す。高部表面91と低部表面92を有するシリコン基板90の(100)面となる高部表面側91に前記実施例と同様に<011>方向に断面形状が五角形のガイド溝93が形成されている。また低部表面92にはガイド溝93の延長線上に位置調整溝94が形成されている。そして、

低部表面に光導波路素子95が設置され、しかも位置調整溝94の上部にガイド溝93の内接円の中心を結ぶ線98の延長線上に光導波路素子95の端面96が配置されている。そしてガイド溝93に挿入された光ファイバ97と光導波路95を伝搬する光が互いに結合される。

【0027】本発明の第5の実施例の光導波路と光ファイバの光接続素子の製造工程は図6と全く同様である。

【0028】上記の発明では、シリコン基板に形成する段差の高さを内接円の中心の表面からの位置に調節しておき、また導波路の上部に形成されたマーカ等と位置調整溝を合わせることで光ファイバと容易に接続することが可能である。

【0029】(実施例6)本発明の第6の実施例の光ファイバと光導波路の概略を図9に示す。基板101の表面の一部に五角形のガイド溝102が形成されている。また、基板上の前ガイド溝102の内接円の中心線の上に光導波路103の端面が形成されている。前記ガイド溝に挿入された光ファイバ104と光導波路を伝搬する光が互いに結合されている。

【0030】本発明の第6の実施例の光導波路と光ファイバの光接続素子の製造工程を図10に示す。左が光導波路部の断面図、中央がガイド溝部の断面図、右が表面図を示す。(a)シリコン基板111の(100)面上の<001>方向に、一定幅を有する直線状のガイド溝領域112及びガイド溝領域と直線状に配置された導波路領域113を囲んで保護膜114を形成し、保護膜の周辺境界部に表面に段差115が形成されるように前記ガイド溝領域112、及び導波路領域113に一定の深さのエッチングを施す。(b)導波路領域に保護膜116を形成し、ガイド溝領域112の底面及び側面に異方性エッチングを施し、(111)面で四方が形成された五角形のガイド溝117を形成する。(c)保護膜を除去した後熱酸化を施し、基板表面近傍に酸化シリコン膜118を形成する。(d)導波路領域を残して保護膜119を被覆し、表面に導波路のコアとなるガラス層120を形成する。この時、導波路領域113の溝の内部に光導波路121が形成される。(e)保護膜119をリフトオフし、ガイド溝117に光ファイバ122を挿入することにより光接続素子が完成する。

【0031】本実施例によれば、ガイド溝に内接する円の中心と光導波路の端面が自動的に一致するので、容易に高い結合効率を得ることが可能となる。

【0032】(実施例7)本発明の第7の実施例の光ファイバと光学レンズの光接続素子の概略を図11に示す。シリコン基板131の(100)面上の<011>方向に前記ガイド溝132及びレンズ支持用の溝133が形成されている。ガイド溝132の内接円134の中心線135の延長線上に前記レンズ支持溝に固定されたレンズ136の中心137が配置されている。そしてガ



イド溝には光ファイバ 138 が挿入されており、光ファイバから放射もしくは光ファイバに入射される光はレンズ 136 の光軸を通過する。左図はレンズ支持部、中央はガイド溝部、右は表面図である。

【0033】本発明の第 7 の実施例の光ファイバと光学レンズの光接続素子の製造工程を図 12 に示す。(a) シリコン基板 141 の (100) 面上の <001> 方向に、一定幅を有する直線状のガイド溝領域 142 及びレンズ支持溝領域 143 を残して保護膜 144 を形成し、保護膜の周辺境界部に表面に段差 145 が形成されるように前記ガイド溝領域 142、及びレンズ支持溝領域 143 に一定の深さのドライエッチングを施す。(b) 保護膜を設置したまま、前記ガイド溝領域 142、及びレンズ支持溝 143 の底面及び側面に異方性エッチングを施し、周囲を (111) 面となる五角形のガイド溝 146、及びレンズ支持溝 147 を形成する。(c) 保護膜 144 を除去した後、前記レンズ部 147 に凸レンズ 149、及び前記ガイド溝 146 に光ファイバ 148 を挿入する。

【0034】本実施例では凸レンズを用いたが必ずしもこれには限定されず、例えばセルフオックレンズを使用してもよい。また、本実施例ではガイド溝とレンズ支持溝を同時に形成したが、必ずしも同時に形成する必要はなく、レンズ支持溝を別の工程で形成することも可能である。

【0035】この場合の製造工程を図 13 に示す。

(a) シリコン基板 151 の (100) 面上の <001> 方向に一定幅を有する直線状の短冊状領域 152 を囲んで保護膜 153 を形成する。保護膜 153 の周辺境界部に表面に垂直な段差が形成されるように前記短冊状領域にエッチングを施し、一定の深さの溝を形成する。

(b) 保護膜 153 を設置したまま溝の底面及び側面に異方性エッチングを施し、ガイド溝 154 を形成する。

(c) ガイド溝 154 の一部にそのガイド溝を中央として一定の幅を有して形成されるレンズ領域 155 を囲んで保護膜を残し、再度、異方性エッチングを施し、V 字状のレンズ支持溝 156 を形成する。(d) レンズ支持溝及びガイド溝にそれぞれレンズ 158 及び光ファイバ 157 を挿入し固定する。

【0036】以上の実施例では、ガイド溝領域の内接円の内形と中心位置、及びレンズ支持領域に接触する円の内径と中心位置はそれぞれ短冊状領域の幅で制御が可能である。また、この光ファイバ接続素子においてはガイド溝に内接する円の中心の表面からの深さはドライエッチングにより形成された溝の深さ 45 の半分であり、その内接円の中心は自動的に一致する。従って、光ファイバを挿入するだけで容易に低い結合損失の接続を得ることが可能である。

【0037】

【発明の効果】以上に述べたように、本発明は、シリコ

ン等の結晶基板の特定の結晶方位面の表面に形成された一定方向の溝の側面と底面に異方性エッチングを施すことにより、容易に光ファイバ等の設置固定用のガイド溝が形成できるものである。しかも、このガイド溝の内径及びガイド溝の内接円の中心位置は制御可能であり、容易に光ファイバ同士、あるいは光ファイバと光部品の高効率な結合が得られる。従って、本発明は光通信等が実用化されるために重要な光接続素子を、極めて簡単な方法で実現するものである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施例の光接続素子の概略図

【図 2】本発明の第 1 の実施例の光接続素子の作製工程図

【図 3】本発明の第 2 の実施例の光接続素子の概略図

【図 4】本発明の第 2 の実施例の光接続素子の作製工程図

【図 5】本発明の第 3 の実施例の光接続素子の概略図

【図 6】本発明の第 3 の実施例の光接続素子の作製工程図

【図 7】本発明の第 4 の実施例の光接続素子の概略図

【図 8】本発明の第 5 の実施例の光接続素子の概略図

【図 9】本発明の第 6 の実施例の光接続素子の概略図

【図 10】本発明の第 6 の実施例の光接続素子の作製工程図

【図 11】本発明の第 7 の実施例の光接続素子の概略図

【図 12】本発明の第 7 の実施例の光接続素子の作製工程図

【図 13】本発明の第 7 の実施例の光接続素子の作製工程図

【図 14】従来の光接続素子の概略図

【図 15】従来の光接続素子の概略図

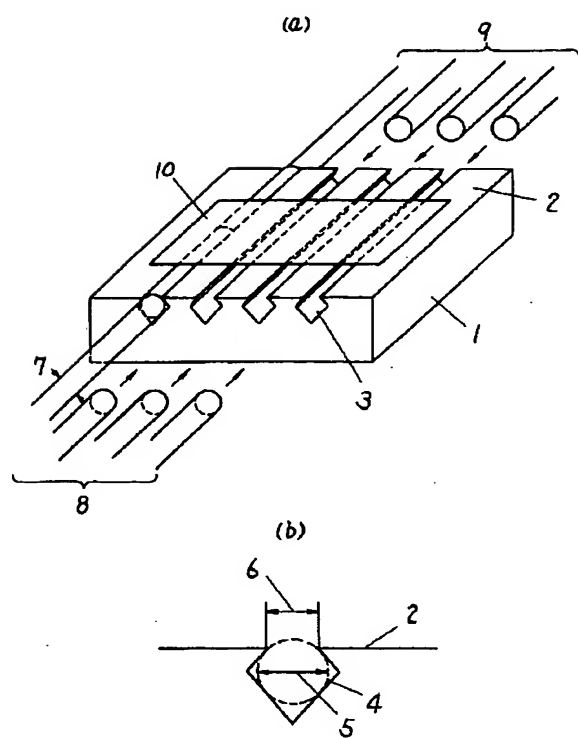
【符号の説明】

- 1 シリコン基板
- 2 シリコン基板表面
- 3 ガイド溝
- 4 ガイド溝の断面に内接する円
- 5 内接円の直径
- 6 開口部の長さ
- 8 光ファイバアレイ
- 9 光ファイバアレイ
- 10 紫外線硬化樹脂
- 11 シリコン基板
- 12 SiN の保護膜
- 13 段差
- 14 底面
- 15 側面
- 16 ガイド溝
- 17 光ファイバ
- 18 光ファイバ
- 21 シリコン基板

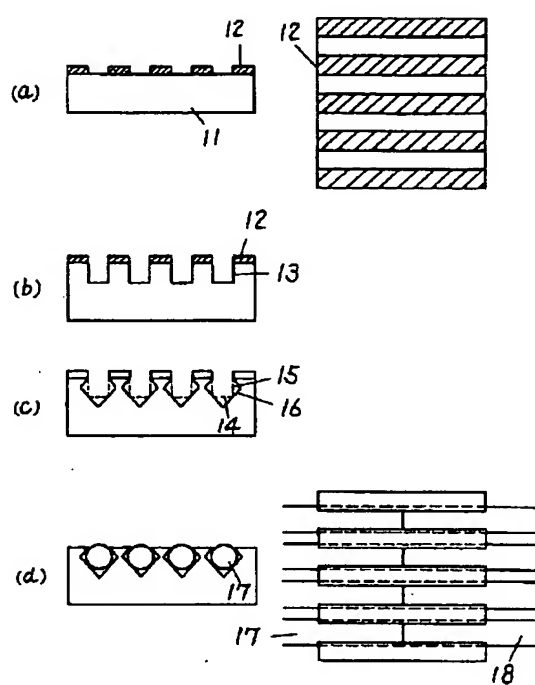
2 2 ガイド溝  
 2 3 ガイド溝  
 2 4 ガイド溝の内接円  
 2 5 ガイド溝の内接円  
 2 6 ガイド溝の内接円の中心  
 2 7 ガイド溝の内接円の中心  
 2 8 基板表面  
 2 9 ガイド溝の内径  
 3 0 ガイド溝の内径  
 3 1 光ファイバアレイ  
 3 2 光ファイバアレイ  
 3 3 紫外線硬化樹脂  
 4 1 シリコン基板  
 4 2 短冊状領域  
 4 3 短冊状領域  
 4 4 保護膜  
 4 5 段差  
 4 6 底面  
 4 7 底面  
 4 8 側面  
 4 9 側面  
 5 0 ガイド溝  
 5 1 ガイド溝  
 5 2 光ファイバ  
 5 3 光ファイバ  
 6 0 シリコン基板  
 6 1 高部表面  
 6 2 低部表面  
 6 3 ガイド溝  
 6 4 位置調整溝  
 6 5 半導体レーザ  
 6 7 光ファイバ  
 6 8 ガイド溝の内接円の中心を結ぶ線  
 7 1 シリコン基板  
 7 2 保護膜  
 7 3 段差  
 7 4 ガイド溝  
 7 5 レジスト膜  
 7 6 低部表面  
 7 7 位置調整溝  
 7 8 半導体レーザ  
 7 9 光ファイバ  
 8 0 シリコン基板  
 8 1 高部表面  
 8 2 低部表面  
 8 3 ガイド溝

8 4 位置調整溝  
 8 5 半導体レーザ  
 8 6 活性部  
 9 0 シリコン基板  
 9 1 高部表面  
 9 2 低部表面  
 9 3 ガイド溝  
 9 4 位置調整溝  
 9 5 光導波路素子  
 10 9 6 光導波路素子の端面  
 9 8 内接円の中心を結ぶ線  
 1 0 1 基板  
 1 0 2 ガイド溝  
 1 0 3 光導波路  
 1 1 1 シリコン基板  
 1 1 2 ガイド溝領域  
 1 1 3 導波路領域  
 1 1 4 保護膜  
 1 1 5 段差  
 20 1 1 6 保護膜  
 1 1 7 ガイド溝  
 1 1 8 酸化シリコン膜  
 1 1 9 保護膜  
 1 2 0 ガラス層  
 1 2 1 光ファイバ  
 1 3 1 シリコン基板  
 1 3 2 ガイド溝  
 1 3 3 レンズ支持用の溝  
 1 3 4 内接円  
 30 1 3 5 中心線  
 1 3 6 レンズ  
 1 3 7 中心  
 1 3 8 光ファイバ  
 1 4 1 シリコン基板  
 1 4 2 ガイド溝領域  
 1 4 3 レンズ支持溝領域  
 1 4 4 保護膜  
 1 4 5 段差  
 1 4 6 ガイド溝  
 40 1 4 7 レンズ支持溝  
 1 5 1 シリコン基板  
 1 5 2 短冊状領域  
 1 5 3 保護膜  
 1 5 4 ガイド溝  
 1 5 5 レンズ領域  
 1 5 6 レンズ支持溝

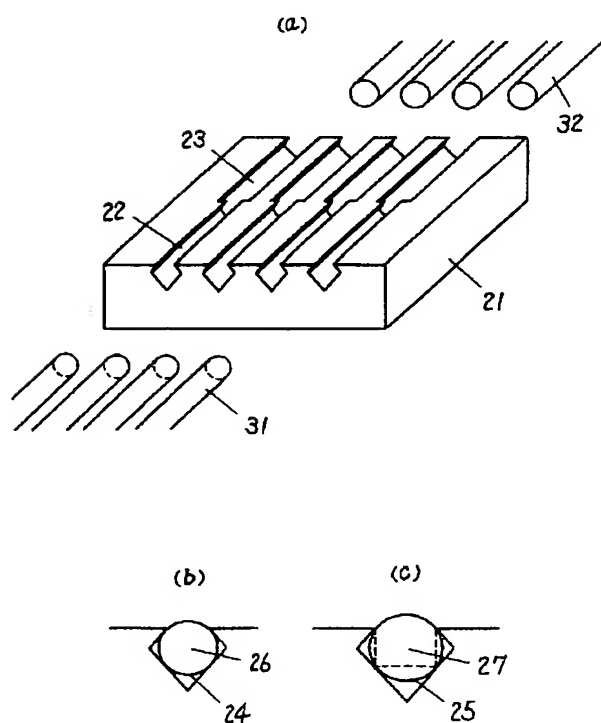
【図1】



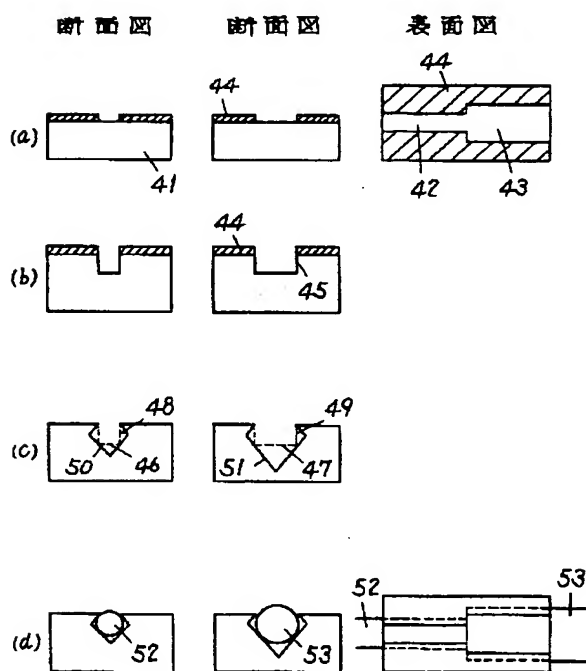
【図2】



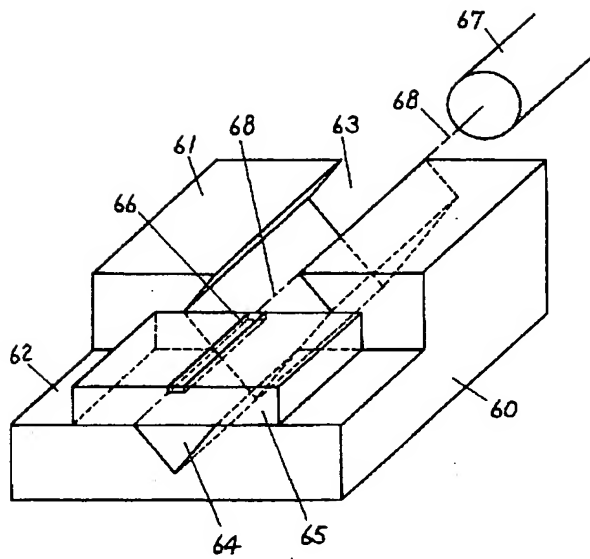
【図3】



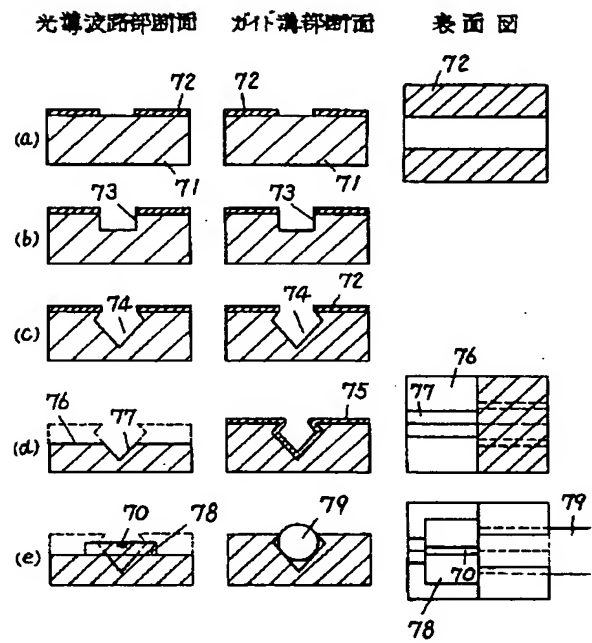
【図4】



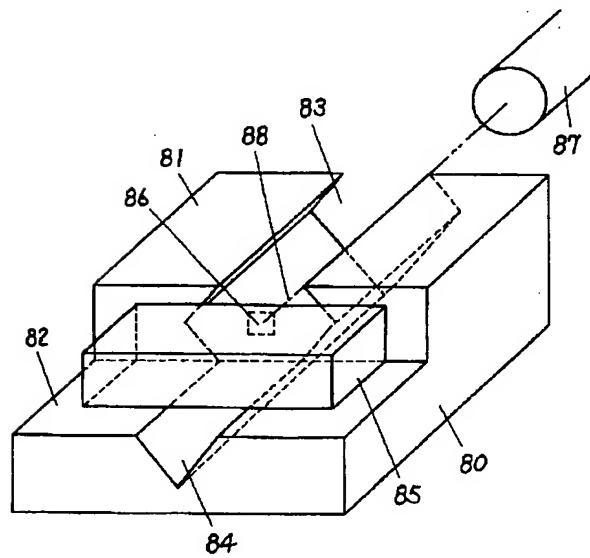
【図 5】



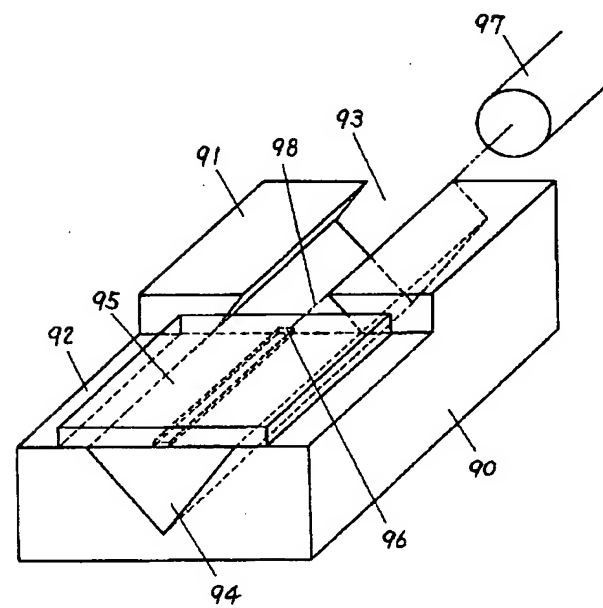
【図 6】



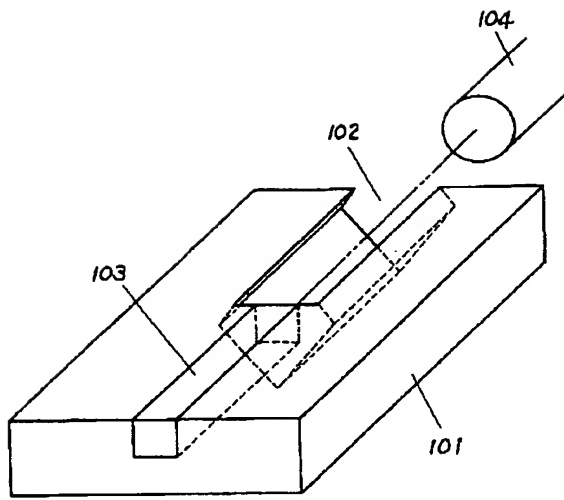
【図 7】



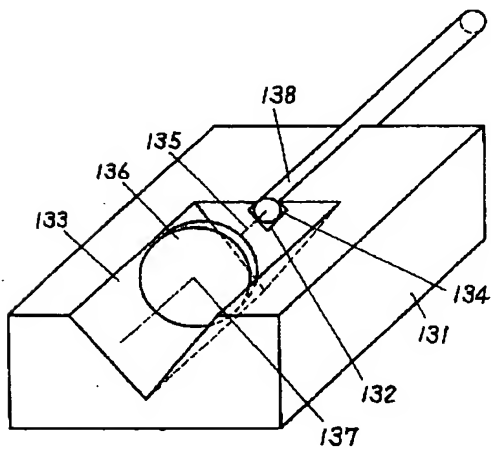
【図 8】



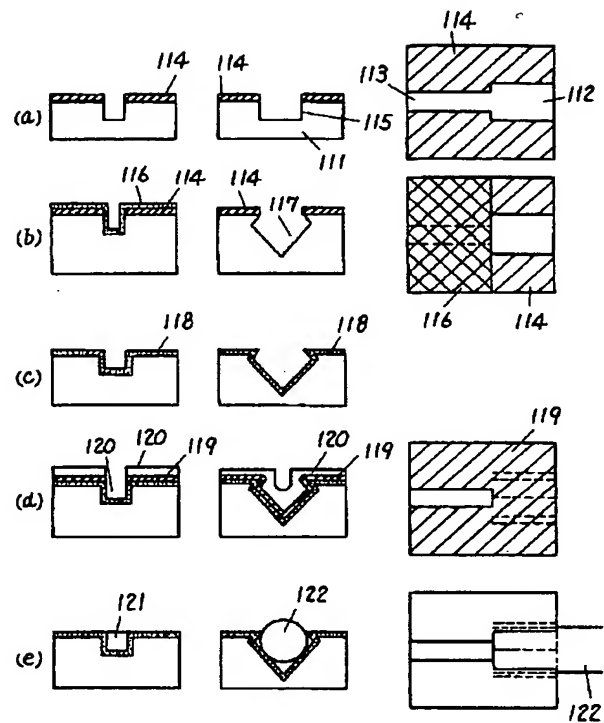
【図 9】



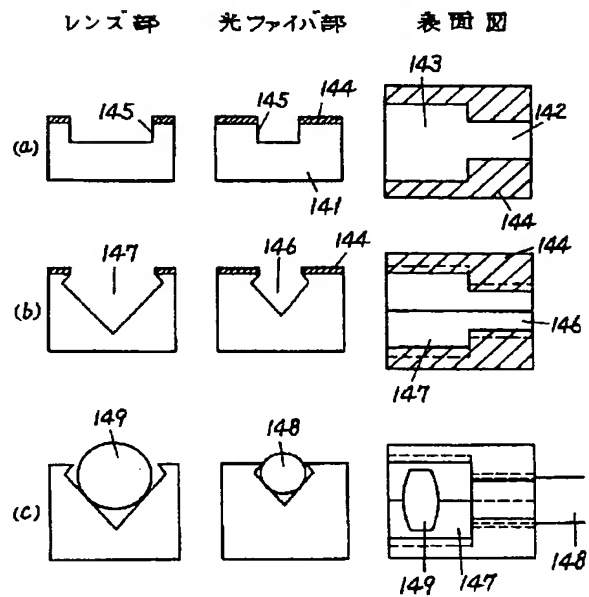
【図 11】



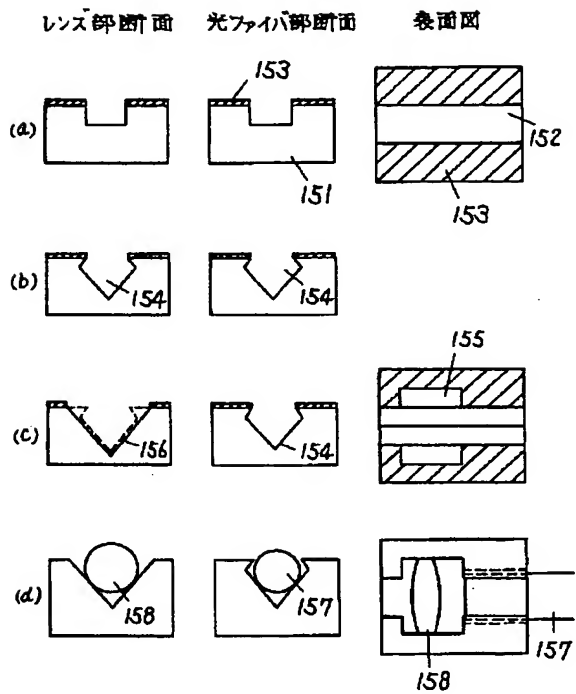
【図 10】



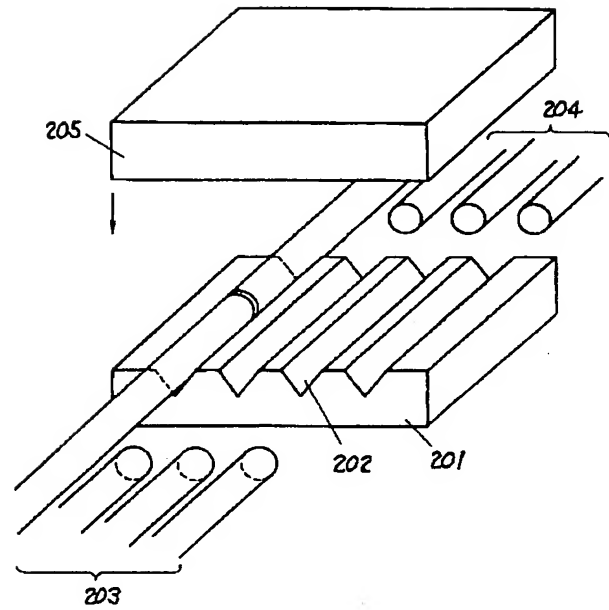
【図 12】



【図 13】



【図 14】



【図 15】

